

SÚJCHBO, v.v.i.

Certifikovaná metodika

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i.

Měření koncentrace (objemové aktivity) radioaktivních aerosolových částic pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB

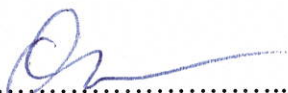
Ing. Josef Vošahlík, Ing. Ivo Burian, CSc., Mgr. Petr Otáhal, Bc. Radek Černý

Realizační výstup projektu MV ČR: Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných chemických, biologických, jaderných a radioaktivních látek (CBRN) a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury.
kód VF20112015013

Oponent: Ing. Jaroslav Šolc, Ph.D.

Oponent: Ing. Ondřej Šťastný

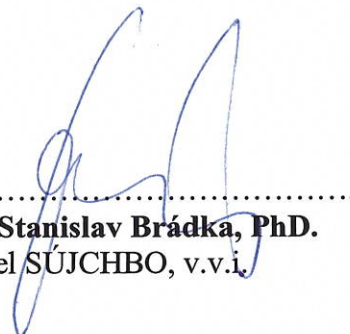
Uplatněno:
Schválil:



.....
Mgr. Petr Otáhal, Ph.D.
vedoucí Odboru jaderné ochrany,
SÚJCHBO, v.v.i.



kulaté razítko



.....
MUDr. Stanislav Brádka, Ph.D.
ředitel SÚJCHBO, v.v.i.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	3
1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY	4
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY.....	4
2.1 MATERIÁL A PŘÍSTROJE.....	5
2.2 PRACOVNÍ POSTUP.....	5
2.2.1 Příprava zařízení k činnosti	5
2.2.2 Odběr vzorků + měření	5
2.2.3 Vyhodnocení měření	6
2.2.4 Vyjadřování výsledků	7
2.2.5 Nejistota (příklad analýzy)	8
3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ	8
4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	9
5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	9
6 SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ.....	9
Příloha č. 1.....	10
Příloha č. 2.....	14

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚJCHBO, v.v.i.	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, veřejná výzkumná instituce
MMKO	měřicí místo kontaminace ovzduší
Bq	becquerel (jednotka aktivity radionuklidu)
LMR-3	akreditovaná metodika SÚJCHBO, v.v.i., Kamenná
MDA	minimální detekovatelná aktivita
AFPC	označení mikrovláknitého filtru
imp/s	impulzy za sekundu
RC SÚJB	regionální centrum Státního úřadu pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
JE Dukovany	jaderná elektrárna Dukovany
JE Temelín	jaderná elektrárna Temelín
TFT LCD	označení typu displeje
G – M	Geiger – Müllerův detektor
CPS	<i>Counts per Second</i> , počet naměřených impulsů za sekundu
CPM	<i>Counts per Minute</i> , počet naměřených impulsů za minutu
DPM	<i>Disintegrations per minute</i> , počet rozpadů za minutu
CSP	<i>CANBERRA Smart Probes</i> , inteligentní sondy
plynoměr typu BK	bytový membránový plynoměr
H*(10)	příkon prostorového dávkového ekvivalentu

1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Cílem certifikované metodiky je měření koncentrace (objemové aktivity) radioaktivních aerosolových částic ve vzduch pomocí krátkodobého odběru.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

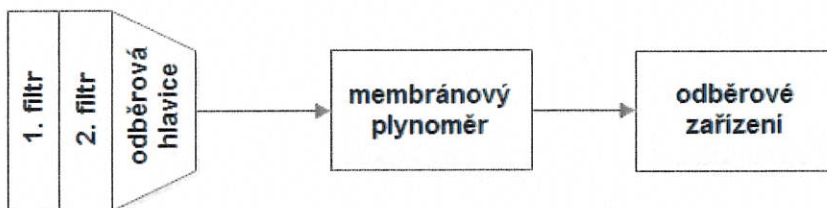
Úvod

SÚJCHBO, v.v.i., Kamenná na základě povolení k nakládání s otevřenými radionuklidovými zříci na pracovišti II. kategorie zahájil práce spojené s generováním radioaktivních aerosolů. Z tohoto důvodu vznikla potřeba měření objemové aktivity radioaktivních částic v prostředí radon-aerosolové komory (popis viz příloha č. 1). Kromě monitorování pracovního prostředí vznikla i povinnost kontrolovat případný únik radionuklidů do okolí pracoviště. Ke generování radioaktivních aerosolů se používají radionuklidy s krátkým poločasem rozpadu [1] (La-140, Na-24, Tc-99m, apod.).

Doba odběru vzorku je závislá na předpokládané objemové aktivitě radioaktivních aerosolů. První odběr vzorku se provede po dobu 5 minut při objemové rychlosti 20 l/min. Po tomto měření se doba odběru může upravit na základě zjištěné objemové aktivity. V případě, že zjištěná hodnota je menší než minimální detekovatelná objemová aktivita, prodlouží se doba odběru. V případě, že se hodnota objemové aktivity blíží maximální detekovatelné objemové aktivitě, zkrátí se doba odběru, popř. se sníží objemová rychlost prosávání.

K odběru vzorku radioaktivního aerosolu slouží měřicí aparatura, která se skládá z odběrového zařízení, plynových hodin, odběrové hlavice a objímek s filtry AFPC. Jednotlivé části aparatury jsou spojeny pomocí gumových hadiček. Pro potlačení vlivu nedokonalé filtrace (účinnost filtru je asi 95 %) se použijí dva filtry AFPC za sebou. Druhý filtr slouží pro přesné určení účinnosti prvního filtru. Při spojování dvě objímky s filtry navzájem spojíme částečným šroubováním, mezi objímky vložíme gumové těsnění a šroubování dokončíme. Kontrolujeme, zda se gumové těsnění nevychýlilo. Postup pro přípravu filtrů AFPC je popsán v akreditované metodice LMR-3. Pro měření lze použít i filtry typu GF/A (od firmy Whatman) nebo typu Glassfibre (od firmy Sartorius)[2]. Tyto filtry mají stejnou účinnost jako filtry AFPC a lze je bez problému použít pro tuto metodiku. Schématický náčrt měřicí aparatury je zobrazen na obr. 1.

Obr. 1 Schématický náčrt měřicí aparatury



2.1 MATERIÁLA PŘÍSTROJE

Přístroje a pomocná zařízení

přístroj Colibri TTC se sondou SABG-15+
odběrové zařízení
„držák filtru“
membránový plynoměr

Ostatní materiál

objímky s filtry o aktivním průměru 30 mm
hadičky různých průměrů pro spojení jednotlivých zařízení
odběrová hlavice
„O“ kroužky k utěsnění objímky na odběrové hlavici a mezi objímky s filtry

Jednotlivé části jsou zobrazeny a podrobněji popsány v příloze č.1.

2.2 PRACOVNÍ POSTUP

2.2.1 Příprava zařízení k činnosti

- 1) Provedeme kontrolu přístroje Colibri TTC se sondou SABG-15+, tzn. stav baterií, změříme pozadí sondy s krytem (v režimu **Data logging** – doba měření 20 s)– maximální hodnota je 2imp/s.
- 2) Odstraníme ze sondy kryt – měření v režimu $\alpha+\beta+\gamma$.
- 3) Filtr umístíme do „držáku filtru“.
- 4) Změříme pozadí dvou filtrů (v režimu **Data logging** – doba měření 20 s)– zjištěné hodnoty pozadí N_p (v imp/s) zaznameneáme spolu s číslem filtru, popř. zaznameneáme celkový počet impulsů N_{cp} a dobu měření pozadí t_p .
- 5) Sešroubujeme dva filtry (se známým pozadím), mezi objímky vložíme gumové těsnění.

2.2.2 Odběr vzorků + měření

- 1) Zaznameneáme počáteční stav plynových hodin V_p (v m^3) s přesností na 4 desetinná čísla.
- 2) Provedeme odběr vzorku vzduchu (doporučená doba odběru je 5 minut) – zaznameneáme reálný čas začátku odběru a dobu odběru vzorku v minutách.
- 3) Zaznameneáme konečný stav plynových hodin V_k (v m^3) s přesností na 4 desetinná čísla.
- 4) První z filtrů umístíme do „držáku filtru“.
- 5) Provedeme měření odebraného filtru (v režimu **Data logging** – doba měření 20 s)– zaznameneáme reálný čas začátku měření a výsledek měření N_{m1} (v imp/s), popř. zaznameneáme celkový počet impulsů N_{cm1} a dobu měření t_{m1} . Po skončení měření filtr vyjmeme.
- 6) Druhý filtr umístíme také do „držáku filtru“ a provedeme měření dle bodu 5. Označení veličin bude obsahovat index s číslem 2.

2.2.3 Vyhodnocení měření

Objemovou aktivitu radioaktivních aerosolů na jednotlivých filtrech vypočítáme z hodnoty naměřené na i-tém odebraném filtru (opravené na pozadí filtru) vydělené celkovým objemem prosátého vzduchu (v m³) daným filtrem a vynásobenou převodním koeficientem pro konkrétní radionuklid (viz tabulka č.1):

$$OA_i = k (N_{mi} - N_{pi}) / (V_{ki} - V_{pi})$$

popř.

$$OA_i = k (N_{cmi}/t_{mi} - N_{cpi}/t_{pi}) / (V_{ki} - V_{pi})$$

kde je

N_{mi}	počet impulsů za sekundu na i-tém filtru po odběru
N_{pi}	počet impulsů za sekundu při měření pozadí i-tého filtru před odběrem
V_{pi}	počáteční stav plynoměru před odběrem s využitím i-tého filtru (v m ³)
V_{ki}	konečný stav plynoměru po odběru s využitím i-tého filtru (v m ³)
N_{cmi}	celkový počet impulsů na i-tém filtru po odběru
N_{cpi}	celkový počet impulsů při měření pozadí i-tého filtru před odběrem
t_{mi}	doba měření s využitím i-tého filtru (v sekundách)
t_{pi}	doba měření pozadí i-tého filtru před odběrem (v sekundách)
k	převodní koeficient z impulsů na aktivitu

Objemovou aktivitu radioaktivních aerosolů (v Bq/m³) vypočítáme jako součet aktivit na obou filtrech:

$$OA = \sum_i OA_i = OA_1 + OA_2$$

Vliv nedokonalé filtrace je zanedbán, protože při použití dvou filtrů AFPC je účinnost filtrace 99,8 %.

Tabulka 1: Převodní koeficienty mezi impulzy v detektoru a aktivitou filtru

Radionuklid	Převodní koeficient ⁽¹⁾
	[Bq/(imp/s)]
La-140	4,31
Na-24	3,85
Tc-99m	43,7
I-131	7,30

⁽¹⁾ Platí pouze pro uvedený typ sondy (SABG-15+), „držák filtrů“ (tzn. geometrii měření aktivity na filtru) a typ filtru.

Vzhledem k faktu, že v případě detekční sondy SABG-15+ jde o Geiger-Mullerův detektor, který neposkytuje spektrometrickou informaci, jsou v tabulce 1 uvedené převodní koeficienty použitelné pouze za předpokladu přítomnosti pouze jediného radionuklidu v měřeném ovzduší (v prostředí radon-aerosolové komory je to realizovatelné). Tím je omezena možnost použití uvedených koeficientů na experimenty prováděné s jedním radionuklidem, případně úniky jediného radionuklidu do ovzduší. Taktéž tyto koeficienty platí pouze pro popsanou měřicí geometrii a detekční sondu SABG-15+.

V prostředí radon-aerosolové komory jsou produkty přeměny radonu na úrovni jednotek Bq/m³. Z tohoto důvodu je příspěvek produktů přeměny radonu do celkové odezvy přístroje zanedbatelný.

Převodní koeficienty pro převod odezvy detekční sondy SABG-15+ z imp/s na aktivitu filtru byly získány pomocí Monte Carlo simulací. S využitím Monte Carlo transportního kódu MCNPX 2.6.0 byla simulována odezva detekční sondy SABG-15+ v měřicí geometrii odpovídající měření aktivity na zmiňovaných filtrech. Pro tento účel byl vytvořen zjednodušený MCNPX model sondy na základě informačního letáku od výrobce a uživatelského manuálu. Byla simulována odezva sondy na fotony i nabitě částice emitované při přeměně zájmových radionuklidů. Pro skórování byla zvolena tally typu F8, do které byly započítávány impulsy v detektoru s energií v rozsahu od 50 keV do maximální energie částic emitovaných jednotlivými radionuklidy. Vzhledem k faktu, že detekční sonda SABG-15+ je citlivá k záření α , β i γ , byla odezva detektoru na jednotlivé druhy záření modelována samostatně. Pro zhodnocení výsledné odezvy detektoru na daný radionuklid byly odezvy na jednotlivá záření sečteny s přihlédnutím k výtěžku jednotlivých částic. Výpočty uvedených převodních koeficientů kódem MCNPX byly provedeny s maximální nejistotou 3 %.

Tabulka 2 shrnuje minimální detekovatelné aktivity pro uvedenou metodu

Tabulka č. 2: Minimální detekovatelné objemové aktivity radionuklidů při odběru vzorku vzduchu 1 m³

Radionuklid	MDA
	[Bq/m ³]
La-140	52,0
Na-24	46,0
Tc-99m	524,0
I-131	88,0

Maximální detekovatelná objemová aktivita radionuklidu je limitována maximální aktivitou filtru, při jejímž překročení dojde k výraznému nárůstu mrtvé doby detekční sondy SABG-15+ a tím k výraznému zvětšení nejistoty měření. Experimentálně byla maximální aktivita na měřeném filtru stanovena na přibližně 10 kBq. Podrobněji je problém diskutován v příloze 2.

2.2.4 Vyjadřování výsledků

Výsledky stanovení objemové aktivity vzduchu O_A se vyjadřují v Bq/m³.

Je-li výsledek stanovení objemové aktivity nižší než MDA (viz tabulka č. 2), uvede se jako výsledek stanovení „nižší než“ (\square) daná hodnota MDA.

2.2.5 Nejistota (příklad analýzy)

Příklad určení nejistoty pro případ La-140 (^{140}La), známe-li celkový počet impulsů a dobu měření (druhá varianta vyhodnocení, viz kapitola 2.2.2, odst. 5):

$$OA_i = k (N_{cmi}/t_{mi} - N_{cpi}/t_{pi}) / (V_{ki} - V_{pi})$$

Tabulka 3: Příklad stanovení nejistoty měření

Veličina X_i	odhad x_i	nejistota $u(x_i)$	citlivostní koeficient c_i	příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
k	4,31	0,13	14589	1897 Bq·m ⁻³
N_{cmi}	15500	124	4,07 s ⁻¹ ·m ⁻³	505 Bq·m ⁻³
N_{cpi}	36	6	4,07 s ⁻¹ ·m ⁻³	24 Bq·m ⁻³
t_{mi}	20 s	1 s	3151 s ⁻² ·m ⁻³	3151 Bq·m ⁻³
t_{pi}	20 s	1 s	7,3 s ⁻² ·m ⁻³	7Bq·m ⁻³
V_{ki}	0,053 m ⁻³	2,65·10 ⁻⁴ m ⁻³	1,186·10 ⁶ s ⁻¹ ·m ⁻⁷	314 Bq·m ⁻³
OA_i	62,88·10 ³ Bq·m ⁻³			7450 Bq·m ⁻³ (12 %)

Distribuce hustoty pravděpodobnosti je pro případy uvedené v tabulce 3 normální. V tabulce (poslední řádek vpravo) je uvedena rozšířená nejistota - součin standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$ (což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %) v souladu s dokumentem EA 4/02.

3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ

V současnosti existuje několik firem, které se běžně zabývají měřením ekvivalentní objemové aktivity radonu ve vzduchu. Tato metodika rozšiřuje okruh měření objemové aktivity radioaktivních částic ve vzduchu i na jiné radionuklidy (viz tabulka č. 1).

Dále jsou radionuklidy v ovzduší monitorovány v tzv. měřicích místech kontaminace ovzduší vybavených zařízeními pro odběr aerosolu s průtoky v rozmezí 40 - 900 m³/h. Úkolem jednotlivých měřicích míst kontaminace ovzduší (celkem je v ČR 23 míst, z nichž 10 je provozováno RCSÚJB, SÚRO a ČHMÚ, 6 míst je provozováno JE Dukovany a 7 míst je provozováno JE Temelín) je vzhledem k jejich velké citlivosti spolu se sítí včasného zjištění monitorovat i malé kvalitativní a kvantitativní změny objemové aktivity umělých radionuklidů v atmosféře asledovat dlouhodobé časové průběhy, na jejichž základě lze odhadnout radiační zátěž obyvatelstva z inhalace. Filtr s kontinuálně odebíraným aerosolem je měněn zpravidla v týdenních intervalech následně měřen pomocí polovodičové spektrometrie gama.

Existuje i metodika pro časově kratší odběry aerosolů a plynných forem jodu z ovzduší pomocí přenosných nebo mobilních odběrových zařízení za mimořádné radiační situace. V takovém případě jsou odběry aerosolů prováděny po relativně krátkou dobu (řádově hodiny) pomocí velkoobjemových odběrových zařízení na aerosolové filtry, při rychlostech 12 m³/h (odběry plynných forem jodu apod.) až 40 m³/h.

Navrhovaná metodika umožňuje měření objemové aktivity radioaktivních částic (pro vybrané radionuklidy) ve vzduchu při krátké době odběru (řádově minuty) a nízké objemové rychlosti (20l/min).

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Certifikovaná metodika Měření koncentrace (objemové aktivity) radioaktivních aerosolových částic pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB byla vyvinuta jako technická podpora pro potřeby SÚJB, SÚJCHBO, popř. pro složky Integrovaného záchranného systému a další dotčené orgány státní správy ČR.

Na pracovištích SÚJCHBO, v.v.i., Kamenná je metodika určena k monitorování pracovního prostředí a okolí pracoviště při generování radioaktivních aerosolů v radon-aerosolové komoře.

Dalším příkladem použití této metodiky může být monitorování ovzduší v případě mimořádné události spojené s významným únikem radioaktivní látky do okolního prostředí.

5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

[1] Kolečka, M.; Lahodová, Z.; Viererbl, L.; Šoltés, J.; Kůs, P.; Výroba krátkodobých radionuklidů – CV Řež, prosinec 2013.

[2] Burian, I.; Závěrečná zpráva úkolu-program rozvoje metrologie, VIII/18/13 Zlepšování ověřování měřidel EOAR - zadavatel úkolu Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu.

6 SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ

Publikace

R. CERNY, K. JOHNNOVA, M. KOZLOVSKA, P. OTAHAL a I. VOSAHLIKOVA.
Determining radioactive aerosol concentrations using a surface radioactive contamination measurement device. Radiation Protection Dosimetry [online]. 2015, 164(4): 533-536 [cit. 2015-10-20]. DOI: 10.1093/rpd/ncv338.

Přednáška

R. Cerny, K. Johnova, P. Otahal, M. Kozlovska, I. Vosahlikova
Determining the concentration of radioactive aerosols by a device for the surface radioactive contamination measurement, 8th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas (ICHLNRRA 2014) September 1 – 5, 2014, Hotel Diplomat, Prague, Czech Republic

Poster

P. Otahal, K. Johnova and R. Cerny Determining radioactive aerosol concentration by a device for the radioactive surface contamination measurement, simulation of the device response and initial experiments, Second International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research (RAD 2014), May 27-30, 2014, Niš.

Příloha č. 1

1) přístroj ColibriTTC se sondou SABG-15+ (obr. 2; je možno použít i jiný přístroj s podobnými parametry)

Colibri TTC je univerzální přístroj určený k ručnímu měření prostorového dávkového ekvivalentu. Jeho předností je snadná manipulace, vizuální a zvukové alarmy a vnitřní vibrátor. Velký integrovaný TFT LCD dotykový displej je velmi dobře čitelný i na přímém slunci. Colibri TTC současně zobrazuje příkon prostorového dávkového ekvivalentu $H^*(10)$ a celkový prostorový dávkový ekvivalent $H^*(10)$.

Výrobce: CANBERRA
Záření: X, gama
Detektor: G - M
Rozsah měření $H^*(10)$: 0,05 μ Sv/h – 10 Sv/h
Energetický rozsah: 48 keV – 1,5 MeV
Zobr. jednotky: Sv, Sv/h, rem
sondy: CPS, CPM, Bq, Bq/cm², DPM, DPM/(100cm²)
Citlivost: 0,73 CPS na μ Sv/h (Cs-137)

Pozn:

- možnost připojit různé CSP sondy CSP kabelem nebo přes Bluetooth
- kalibrace přímo v sondě
- 10 přednastavených úrovní alarmu
- možnost odečtu pozadí
- automatické uchovávání dat (až 60000 záznamů)

SABG-15+ - sonda je pro svoji citlivost určena pro měření alfa, beta a gama povrchové kontaminace.

Výrobce: CANBERRA
Detektor: G – M,
detekční plocha: 15,5 cm²
okénko: 2,0 mg/cm²
Rozsah měření: 1 CPS – 9999 CPS
Energetický rozsah: alfa: > 2,8 MeV
beta: > 30 keV
gama: > 5 keV

Účinnost detekce alfa a beta: 2π geometrie: 17% (C-14) – 51% (Sr-90 + Y-90)

Odezva plošného zdroje: 0,07 CPS/Bq (C-14) – 0,65 CPS/Bq (Sr-90 + Y-90)

Citlivost na gama záření: 6,4 CPS na μ Sv/h (Cs-137)

Mrtvá doba: detektor: 50 μ s
sonda: 50 μ s

Zobrazované jednotky: CPS, CPM, Bq, Bq/cm², DPM, DPM/(100cm²)

Pozn:

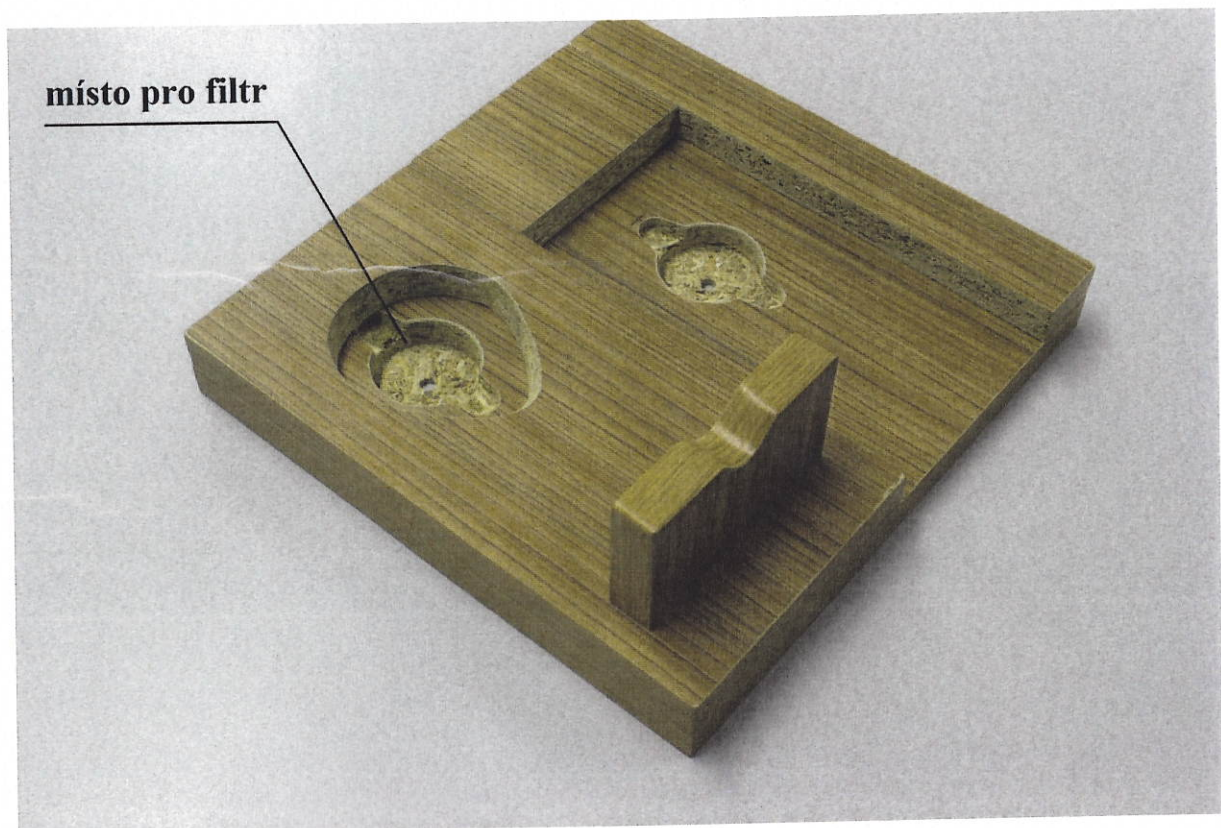
- kompatibilní s CSP radiometry (Colibri, Radiagem, Avia) – spojení pomocí 1,5 m nebo 20 m CSP kabelem
- možnost uchovávat až 1000 dat v paměti
- kalibrace přímo v sondě

Obr. 2 Přístroj Colibri TTC se sondou SABG-15+



2) „držák filtru“ (obr. 3)–zajišťujekonstantní geometrii měření (stejnou polohu filtru a měřicí sondy)

Obr. 3 „držák filtru“

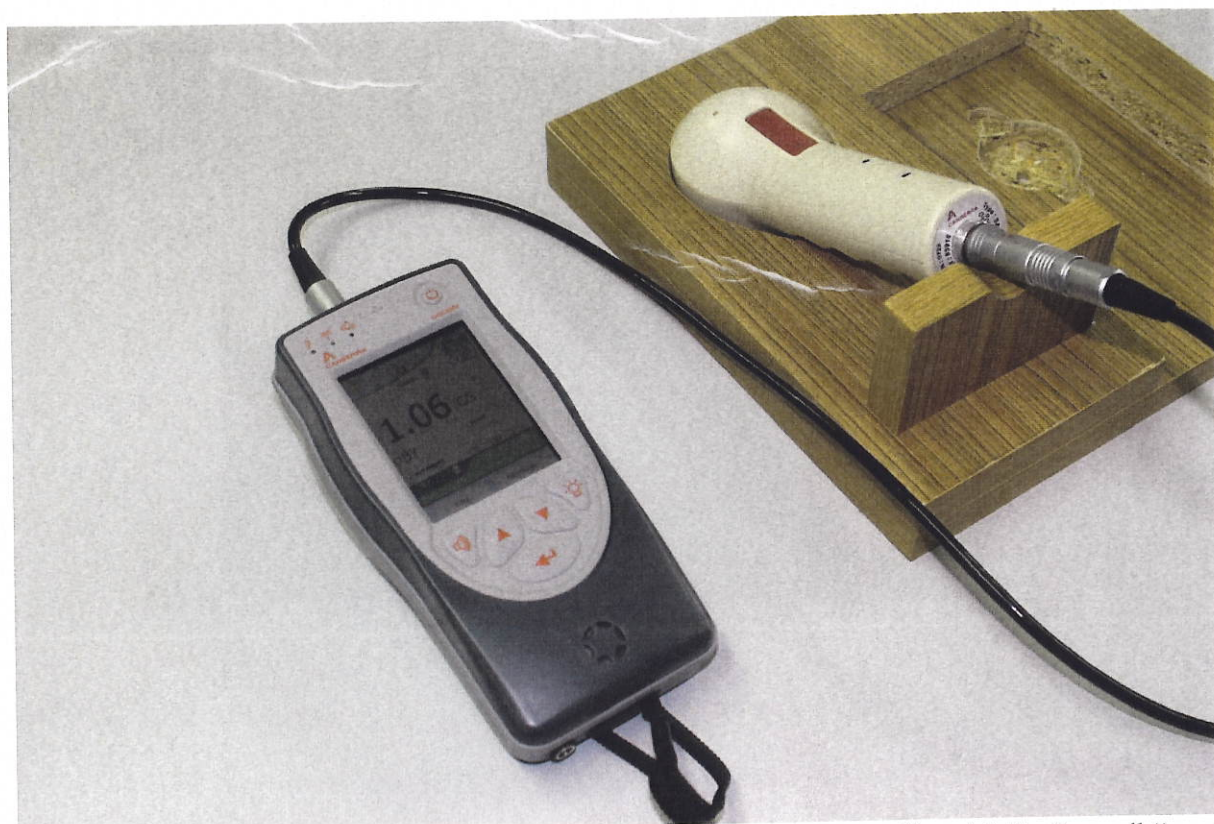


3) Na obr. 4 je zobrazeno umístění filtru v „držáku filtru“

Obr. 4Umístění filtru v „držáku filtru“



4) Na obr. 5 je zobrazeno umístění měřicí sondy do „držáku filtru“
Obr. 5 Umístění sondy do „držáku filtru“



5) odběrové zařízení– k odběru vzorku vzduchu může být použito jakékoliv odběrové zařízení s objemovou rychlostí přibližně 20 l/min(např. ZMP 01,ZMP11, Quick Take 30).

- 6) objímky s filtry – jedná se o objímky s aktivním průměrem 30 mm (obr. 6). Vlastní filtry jsou typu AFPC (výroba ukončena bez náhrady). Pro měření lze použít i filtry typu GF/A (od firmy Whatman) nebo typu Glassfibre (od firmy Sartorius).[2]

Obr. 6 Objímky s filtry



- 7) Odběrová hlavice (obr. 7) – slouží k upevnění objímky s filtrem (AFPC) k membránovému plynoměru.

Obr. 7 Odběrová hlavice



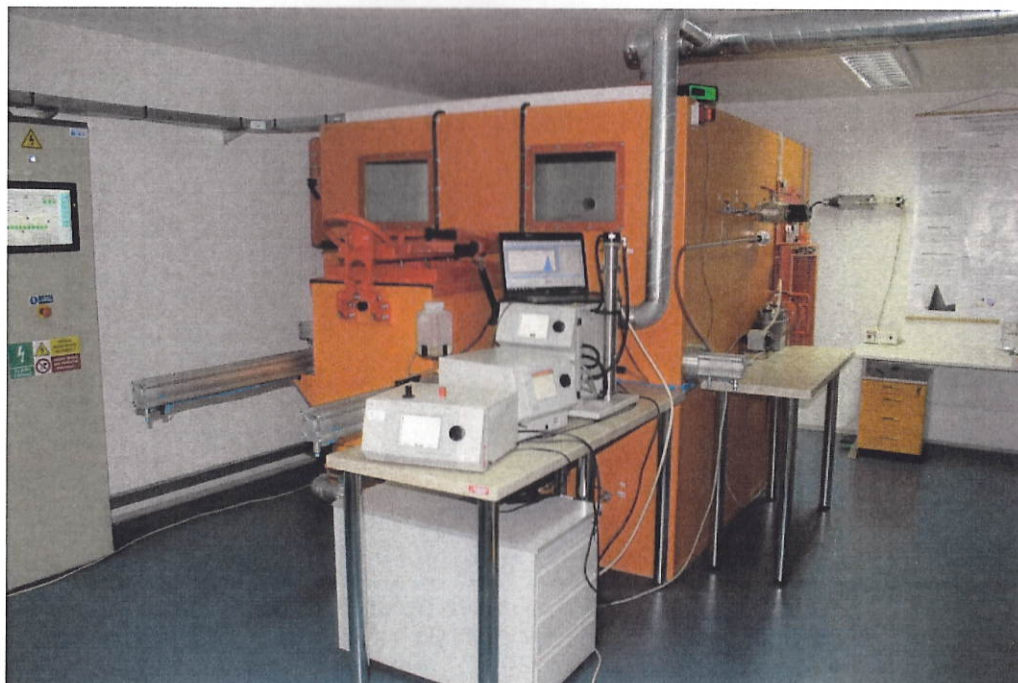
- 8) Membránový plynoměr – je možné použít jakýkoliv plynoměr typu BK o velikosti G1,6 - G4 (čísla označují minimální průtok plynu v m^3/h).

Obr. 8 Membránový plynoměr



- 9) Radon-aerosolová komora (obr. 9) o objemu vzduchu 10 m³ je sestavená z ocelových plátů o tloušťce 5 mm. Konstrukce komory umožňuje přímý vstup do vnitřního prostoru. Komora byla navržena tak, že umožňuje měření a nastavení různých parametrů, jako jsou teplota a relativní vlhkost vzduchu, koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic a rychlost proudění vzduchu.

Obr. 9 Radon-aerosolová komora



Maximální detekovatelná aktivita – vliv mrtvé doby detekční sondy SABG-15+:

Maximální detekovatelná aktivita byla určena experimentálně sérií experimentů, během kterých byly měřeny kontaminované filtry, a následně stanovena jejich aktivita. Filtry byly plošně kontaminovány roztoky vybraných radionuklidů v jedné sérii experimentů a aerosolovými částicemi značenými vybranými radionuklidy v druhé sérii experimentů. Aktivita filtrů stanovená podle postupu zde popsaného byla porovnávána s aktivitou stanovenou pomocí zavedené polovodičové gamaspektrometrie. Byla spočítána relativní odchylka aktivity stanovené sondou SABG-15+, A_{SABG} , od aktivity stanovené s využitím polovodičového detektoru HPGe, A_{HPGe} :

$$\delta = (1 - A_{SABG}/A_{HPGe}) \times 100 \%$$

Závislost relativní odchylky A_{SABG} od A_{HPGe} v procentech na aktivitě filtru v čase měření sondou SABG-15+ stanovené detektorem HPGe je uvedena v grafu na obrázku 10. Z grafu je patrná velmi dobrá shoda aktivity stanovené sondou SABG-15+ s aktivitou stanovenou polovodičovou spektrometrií pro aktivity filtru do cca 10 kBq. V tomto intervalu aktivit se relativní rozdíl pohybuje do 10 %. Naopak pro aktivity filtru nad cca 10 kBq je vidět narůstající relativní rozdíl, který je patrně způsoben mrtvou dobou detektoru. Vzhledem k tomu, že jde o Geiger-Müllerův detektor, lze očekávat významný vliv mrtvé doby pro vyšší aktivity. Konkrétní hranice aktivity, nad kterou se již významně začne projevovat vliv mrtvé doby detektoru, závisí také na konkrétním radionuklidu (na výtěžku emitovaných částic a na jejich energii).

Obr. 10 Relativní rozdíl aktivity filtru stanovené sondou SABG-15+ a aktivity stanovené HPGe detektorem, vzdálenost filtr - vstupní okénko detektoru 8,5 mm (odpovídá umístění v držáku), v čase sondou SABG-15+. Osa Y znázorňuje relativní rozdíl mezi aktivitami filtru stanovenými sondou SABG-15+ a pomocí HPGe detektoru

